PRETOVARNI CIKLUS VILJUŠKARA

- Viljuškari imaju osobinu aktivnog zahvatanja i odlaganja tereta pa je onda u strukturu pretovarnog ciklusa moguće uključiti i veliki broj elementarnih operacija. Često se i ciklus viljuškara posmatra preko četiri elementarne faze: operacije pri zahvatanju, vožnja u opterećenom smeru, operacije pri odlaganju i vožnja u neopterećenom smeru. Takodje, koriste se i drugačiji pristupi u kojima se razmatra 6, 8,... parcijalnih vremena kako se to može videti i iz primera datih u narednim tačkama ove knjige.

- Treba takođe imati u vidu i činjenicu da ciklus viljuškara zavisi i od tipa sredstva, odnosno konstruktivnih karakteristika, kao i od klase pretovarnog zadatka koji se realizuje

- Od značaja je istaći da se proračun ciklusa kod viljuškara za visoko slaganje, kod kojih je tipičan rad u vertikalnoj ravni, utvrđuje analogno ASR sistemima (regalskim liftovima), kako je to pokazano u nastavku knjige.

PRETOVARNI CIKLUS ČEONOG VILJUŠKARA



- t_1 [sec] - vreme zahvatanja tereta, koje obuhvata vreme postavljanja rama u položaj za zahvatanje, dovođenje viljuški u poziciju za zahvatanje, zahvatanje tereta i izvlačenje tereta vožnjom u nazad. Srednje vreme zahvatanja najčešće varira u opsegu od 10 do15 [s].

- $t_2 = \frac{H_o}{v_{so}} + t_g$ [sec] - vreme spuštanja opterećenih viljuški, gde je v_{so} [m/s] brzina spuštanja opterećenih viljuški, a H_o [m] visina sa koje se teret spušta. Ukoliko svi podaci o brzinama dizanja ili spuštanja za konkretan viljuškar nisu poznati, usvaja se da je brzina dizanja praznih viljuški oko 30% veća od brzine dizanja sa teretom. Brzina spuštanja

tereta je od 50 do 70% veća od brzine dizanja tereta, dok je brzina spuštanja viljuški sa teretom oko dva puta veća od brzine spuštanja neopterećenih viljuški.

- t_3 [sec] - vreme potrebno za okretanje (manevar) viljuškara tj. priprema za vožnju po zahvatanju tereta. Pri okretanju viljuškara za 90^o ovo vreme je 6 do 8 [s], a pri okretanju viljuškara za 180^o iznosi 10 do 15 [s]

- $t_4 = \frac{L_{vo}}{v_o} + t_g$ [sec] - vreme transporta tj. kretanja viljuškara sa teretom od mesta zahvatanja do mesta odlaganja gde Lvo [m] predstavlja srednje rastojanje vožnje opterećenog viljuškara, a v_o [m/s] brzinu vožnje (kretanja) opterećenog viljuškara, koja se određuje u zavisnosti od teho-eksploatacionih karakteristika viljuškara i uslova rada

- $t_5 = \frac{H_o}{v_{do}} + t_g$ [sec] - vreme podizanja opterećenih viljuški, gde je v_{do} [m/s] brzina podizanja opterećenih viljuški, gde je H_o [m] srednja visina podizanja pri odlaganju tereta, vdo [m/s] brzina dizanja opterećenih viljuški koja zavisi od tehno-eksploatacionih karakteristika viljuškara i t_g [s] vremenski gubici zbog ubrzavanja i usporenja (1,0 do 1,5 [s])

- t_6 [s] - vreme odlaganja tereta za uobičajene uslove usvaja se od 5 do 8 [s], pri čemu važe napomene date za t_1.

- $t_7 = \frac{H_o}{v_{sn}} + t_g$ [sec] - vreme spuštanja neopterećenih viljuški, gde je v_{sn} [m/s] brzina spuštanja neopterećenih viljuški, a H_o [m] visina sa koje se teret spušta.

- t_8 [sec] - vreme potrebno za okretanje (manevar) viljuškara tj. priprema za vožnju po zahvatanju tereta. Trajanje ove faze odgovara vremenima navedenim pri opisu vremena t_3

- $t_9 = \frac{L_{vn}}{v_n} + t_g$ [sec] - vreme kretanja neopterećenog viljuškara od mesta odlaganja tereta do mesta novog zahvatanja gde je L_{vn} [m] srednji put kretanja praznog (neopterećenog) viljuškara, a u tipičnim uslovima rada (za prost ciklus) obično je $L_{vn} \approx 1.2L_{vo}$, ili $L_{vn} \approx L_{vo}$; v_n [m/s] označava brzinu vožnje (kretanja) neopterećenog viljuškara, a t_g [s] je vreme gubitaka zbog ubrzavanja i usporenje, kreće se od 1,0 do 1,5 [s]
- $t_{10} = \frac{H_o}{v_{dn}} + t_g$ [sec] - vreme podizanja neopterećenih viljuški, gde je v_{dn} [m/s] brzina podizanja neopterećenih viljuški, a H_o [m] visina na koju se viljuške podižu

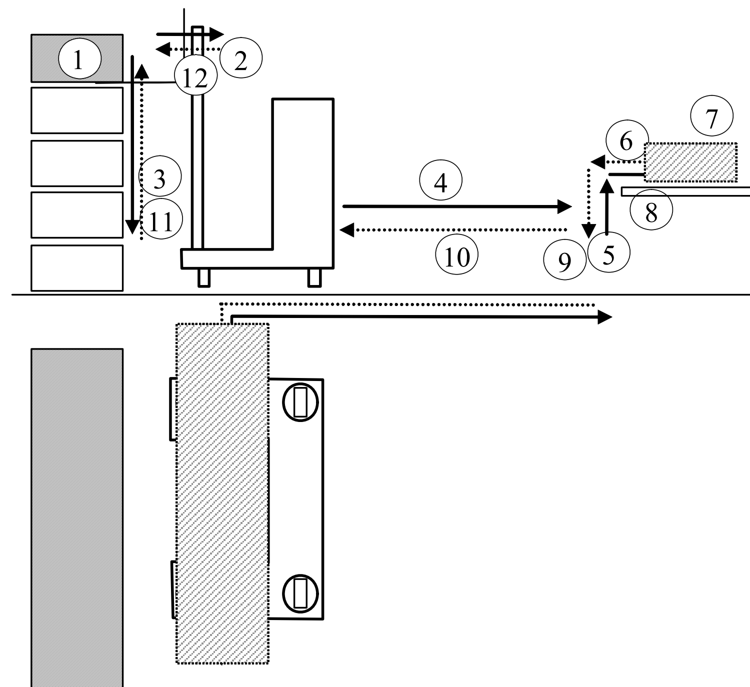
PRETOVARNI CIKLUS ČETVEROSTRANOG VILJUŠKARA



- t_1 [sec] - vreme zahvatanja tereta.
- t_2 [sec] - vreme uvlačenja rama u bazu viljuškara
- t_3 [sec] - vreme spuštanja viljuški i tereta do položaja nošenja tereta
- t_4 [sec] - vreme kretanja viljuškara sa teretom od mesta zahvatanja do mesta odlaganja (bez okretanja jer se rotacijom točkova može omogućiti bočno kretanje sredstva)
- t_5 [sec] - vreme podizanja opterećenih viljuški
- t_6 [s] - vreme izvlačenja rama do pozicije odlaganja
- t_7 [s] - vreme odlaganja tereta
- t_8 [s] - vreme povratka rama u bazu viljuškara

- t_9 [s] - vreme spuštanja neopterećenih viljuški
- t_{10} [sec] - vreme kretanja neopterećenog viljuškara od mesta odlaganja tereta do mesta ponovnog zahvatanja (bez okretanja jer se rotacijom točkova može omogućiti i bočno kretanje sredstva)
- t_{11} [sec] - vreme podizanja neopterećenih viljuški do pozicije ponovnog zahvata
- t_{12} [s] - vreme izvlačenja rama do pozicije ponovnog zahvata

❑ Za konkretan proračun trajanja pojedinih faza ciklusa u literaturi je teško naći prosečne vrednosti, ali proizvodjači ove vrste sredstava nude odgovarajuću tehničku dokumentaciju na bazi koje je moguće izvršiti neophodne proračune. Veoma instruktivne, u tom pogledu, su i web stranice proizvodjača viljuškara, a dobar primer je svakako web stranica kompanije ATLET, www.atlet.com .



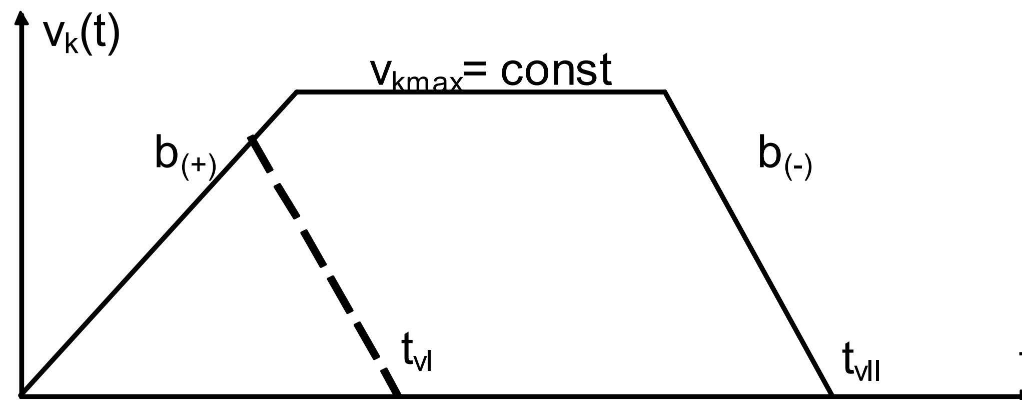
1. Zahvatanje tereta
2. Povratak rama u bazu viljuškara
3. Spuštanje opterećenih viljuški
4. Vožnja u opterećenom smeru
5. Podizanje opterećenih viljuški
6. Izvlačenje rama do pozicije odlaganja
7. Odlaganje tereta
8. Povratak rama u bazu viljuškara
9. Spuštanje neopterećenih viljuški
10. Vožnja u neopterećenom smeru
11. Podizanje neopterećenih viljuški u poziciju ponovnog zahvata
12. Izvlačenje rama do pozicije zahvatanja

UTICAJ UBRZANJA I USPORENJA

- Kada se zahteva značajnija preciznost pri proračunima vremena ciklusa, posebno kod radno intenzivnih procesa, neophodno je detaljnije obraditi dodatna vremena gubitaka (t_g) usled ubrzavanja, odnosno usporenja. Ovaj uticaj može se sagledati preko dijagrama promene brzine, uz aproksimaciju da je zakon promene brzine linearan.

- Da bi se došlo do uprošćenog izraza za utvrđivanje vremena vožnje na bazi ubrzanja i usporenja može se uvesti srednje harmonijsko ubrzanje odnosno usporenje:

$$b' = \frac{2 \cdot b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} \cdot b_{(-)}} \left[m/s^2 \right]$$



Dijagram brzine: I - bez dostizanja Vmax, II - sa dostizanjem Vmax

- Pređeni put L u vremenu preko jednačina kretanja i srednjeg ubrzanja za slučajeve prikazane na slici može se izraziti kao:

$$L = \int_0^{t_{IIi}} v_{(t)} d_t = \int_0^{\frac{v_{max}}{b'}} b' t d_t + \int_{\frac{v_{max}}{b'}}^{t_{IIi} - \frac{v_{max}}{b'}} v_{max} d_t + \int_{t_{vII} - \frac{v_{max}}{b'}}^{t_{vII}} b' (t_{vII} - t) dt = v_{max} t_{vII} - \frac{v_{max}^2}{b'} [m]$$

- Ukoliko je $t_v < 2v_{max} / b'$ za vreme t_v ne može se dostići maksimalna brzina v_{max}. U tom slučaju viljuškar ubrzava do vremenske tačke $t_{vI} / 2$, a zatim usporava do t_{vI}.

- Rešavanjem jednačine po t_v dobija se vreme vožnje

$$t_{v(L)} = \begin{cases} \frac{v_{max}}{b'} + \frac{L}{v_{max}} & \text{za } L \geq \frac{v_{max}^2}{b'} \\ 2\sqrt{\frac{L}{b'}} & \text{za } L < \frac{v_{max}^2}{b'} \end{cases}$$

- Srednje vreme vožnje u većini slučajeva u praksi ne mora da se izračunava po ova dva zakona jer se izračunavanje t_{vII} za stanje $L \geq v_{2max} / b'$ može zameniti izrazom za stanje $L < v_{2max} / b'$ pošto se pojavljuje mala greška.

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE TRANSPORTNO MANIPULATIVNIH VOZILA

- Razvoj tehnoloških rešenja pretovarnih i skladišnih sistema uvek je povezan sa definisanjem prostornog rasporeda elemenata sistema, odnosno sa time povezanih geometrijskih karakteristika rešenja, što podrazumeva dimenzionisanje
  - potrebnih širina internih saobraćajnica i
  - radnih prolaza.
- Isto tako, ukoliko je, naprimer, reč o sistemima kod kojih se roba odlaže u nekoliko redova po visini, od značaja su i karakteristike sredstva koje definišu
  - maksimalnu visinu dohvata,
  - potrebnu gradjevinsku visinu objekta, s obzirom na slobodnu visinu dizanja sredstva, i sl.
- Pored toga,
  - prohodnost (clearence),
  - stabilnost tereta,
  - redukcija nosivosti sredstva u funkciji dimenzionih karakteristika tereta i visine dizanja, i sl. takodje su pitanja koja imaju poseban značaj kako u procesu razvoja rešenja, tako i u toku primene.
- Odgovor na navedene zahteve tehnološkog projektovanja rešenja, odnosno same eksploatacije sredstva, nude se, delom, u okviru specifikacija koje proizvodjači opreme daju u tehničkoj dokumentaciji.
- Kao ilustracija neka posluži pregled nekih od tipičnih tehničkih i geometrijskih karakteristika koje se navode za familiju čeonih elektro viljuškara BT Cargo C4E400V-500V (www.bt-forklifts.com).

❑ Tipične karakteristike čeonog viljuškara date u specifikaciji proizvodjača

TEHNIČKI PODACI		C4E400V	C4E450V	C4E500V
Pogon		elektro	elektro	elektro
Način rada rukovaoca		sa sedištem	sa sedištem	sa sedištem
Nosivost	kg	4000	4500	4900
Težište tereta	mm	500	500	500
Osovinsko opterećenje bez tereta, napred/pozadi	kg	3500/3300	3490/3630	3800/3870
Osovinsko opterećenje sa teretom, napred/pozadi	kg	9600/1200	10490/1130	11570/1100
Broj točkova, napred/pozadi		2-4/2	2-4/2	2-4/2
Tip točka, napred/pozadi [1)]		C/SE/PN/SE.TW/	C/SE/SE.TW/PN.TW	C/SE/SE.TW/PN.TW
Brzina, bez/sa teretom	km/h	17/15 [2)]	17/15 [2)]	17/14 [2)]
Radna kočnica		hidraulična	hidraulična	hidraulična
Parking kočnica		ručna kočnica	ručna kočnica	ručna kočnica
Brzina dizanja, bez/sa teretom	m/s	0.47/0.27	0.47/0.26	0.44/0.23
Brzina spuštanja, bez/sa teretom	m/s	< 0.6	< 0.6	< 0.6
Nom. vučna sila na kuki, bez/sa teretom	N	5338/5238	5338/5188	5338/5188
Max. vučna sila na kuki, bez/sa teretom	N	15130/14460	15130/14330	15130/14300
Nagib, bez/sa teretom	%	11/7	10/6	9/5
Max. nagib, bez/sa teretom	%	23/13	22/12	21/11
Snaga pogona	kW	17	17	17
Snaga za podizanje	kW	18	18	18
Kapacitet baterije	V/Ah	80/625—775	80/625—775	80/625—775
Masa baterije	kg	1872	1872	1872
Masa sa baterijom	kg	6800	7120	7670
Upravljački sistem		hidraulički	hidraulički	hidraulički
Kontrola brzine		elektronska	elektronska	elektronska

DIMENZIJE [*], mm		C4E400V	C4E450V	C4E500V
x	Prednja osovina do pete viljuške	509 [3]	509 [3]	529 [4]
y	Baza točka	1810	1810	1810
α/β	Ugao katarke napred/nazad	2°30'/10	2°30'/10	2°30'/10
h_6	Visina zaštitnog rama	2450	2450	2450
h_7	Visina sedišta vozača	1294	1294	1294
l_2	Dužina viljuškara do pete viljuške	2750 [3]	2750 [3]	2770 [4]
b_1	Širina šasije	1418/1360/1756 [5]	1520/1360/1756 [5]	1520/1520/1756 [5]
s	Debljina viljuške	50	50	60
e	Širina viljuške	150	150	150
l	Dužina viljuške	1000	1000	1000
m_1	Klirens ispod katarke	150	150	150
m_2	Klirens na srednjem delu	160	160	160
Ast	Širina radnog prolaza, mm, veličina palete 800x1200/1000x1200 [6]	4323/ 4123 [3]	4323/ 4123 [3]	4343/ 4143 [4]
Wa	Radijus okretanja	2414	2414	2414

RAM, mm		DUPLEX		DUPLEX FFL			TRIPLEX			TRIPLEX FFL			
h_3	Visina dizanja	3150	3650	3150	3650	4150	4950	5550	6060	4300	4950	5550	6050
							C4E400V, C4E450V						
h_1	Min. visina rama	2400	2650	2400	2650	2900	2500	2700	2900	2285	2500	2700	2900
h_2	Slobodna visina dizanja	100	100	1552	1802	2052	75	75	75	1442	1657	1857	2057
h_4	Max. visina rama	3948	4448	3998	4498	4998	5750	6350	6892	5143	5793	6393	6893

		C4E500V											
h_1	Min. visina rama.	2450	2700	2450	2700	3000	2550	2750	2950	2335	2550	2750	2950
h_2	Slobodna visina dizanja	100	100	1552	1802	2052	75	75	75	1442	1657	1857	2057
h_4	Max. visina rama	3991	4491	4048	4548	5048	5820	6420	6960	5193	5843	6443	6943

1) C = Tvrda guma, SE = Superelastični, PN = Pneumatik, TW = Udvojen

2) Točkovi od tvrde gume = max. brzina 16 km/h

3) Sa bočnim pomeranjem = +32mm

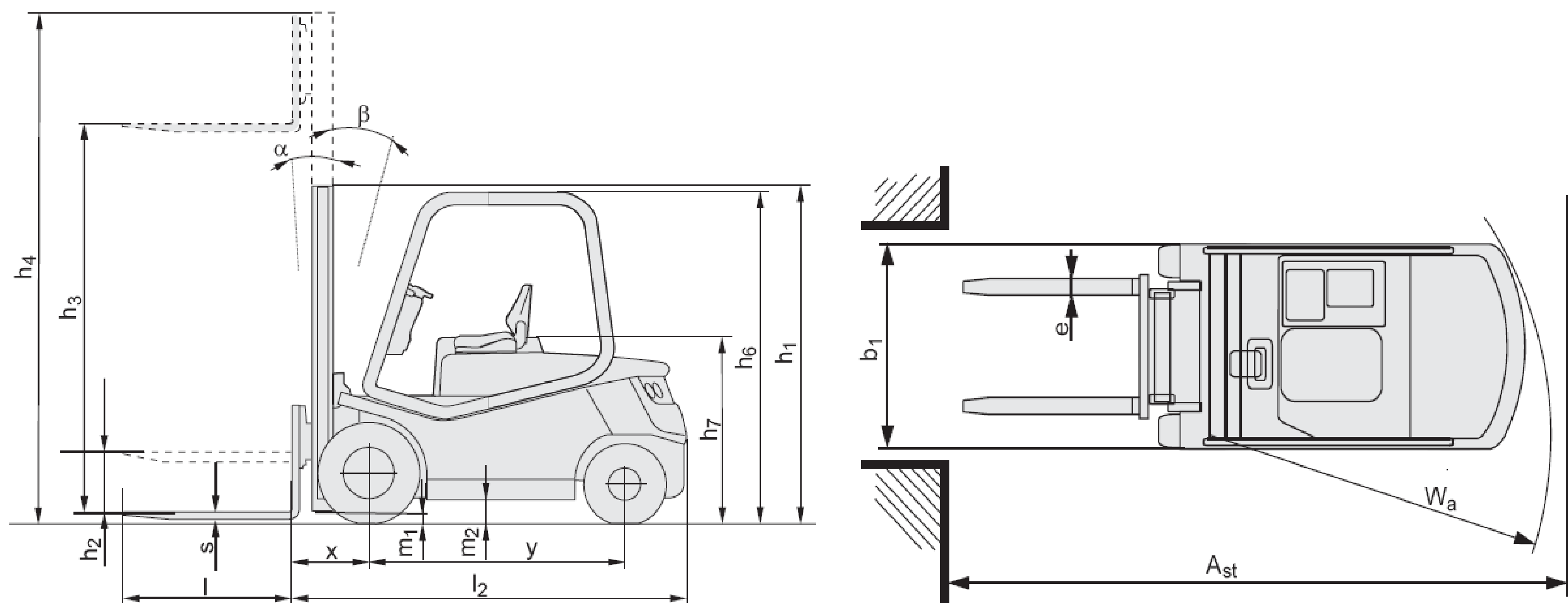
4) Sa bočnim pomeranjem = +39mm

5) C/SE-PN/SE.TW-PN.TW

6) Zahvatanje po užoj strani / Zahvatanje po dužoj strani

7) Na zahtev SE 28x12.5-15 (b_1 = 1520mm)

- Geometrijske karakteristike viljuškara prikazane su na slici



Opis geometrijskih karakteristika viljuškara

VISINA DIZANJA

- Veoma važna karakteristika viljuškara svakako je visina dizanja koja se po pravilu opisuje spektrom karakteristika:

- **Visina dizanja tereta (h_3)**

Predstavlja važnu eksploatacionu karakteristiku sredstva koja odredjuje visinu slaganja tereta koji se manipuliše. Ova visina treba da je za 150-300mm veća od nivoa najviše palete u slogu. Pri tome, nosivost viljuškara na toj visini dizanja treba da odgovara težini tereta koji se skladišti.

- **Maksimalna visina sredstva za viljuške u poziciji maksimalne visine dizanja**

Predstavlja maksimalnu visinu sredstva koja u zavisnosti od tipa može označavati visinu vrha kabine, vrha rama, zahvatne naprave, tereta i sl. Ova visina odnosi se na najvišu tačku sredstva u slučaju da je viljuška u poziciji maksimalne visine dizanja (h_3), a za viljuškar sa slike I-2.23 to je visina h_4. Ova visina odredjuje minimalnu visinu prostorije u objektu u kome se sredstvo koristi. Pri tome, visina prostorije mora biti viša za najmanje 200-300mm, da bi se na taj način obezbedila zaštitna zona. Takodje, visina prostorije treba biti definisana i u funkciji tereta koji se manipuliše, ukoliko pri maksimalnoj visini dizanja dimenzije tereta premašuju najvišu tačku samog sredstva.

- **Maksimalna visina sredstva za viljuške u spuštenoj poziciji**

Predstavlja maksimalnu visinu sredstva pri spuštenim viljuškama, koja u zavisnosti od tipa može označavati visinu vrha kabine, vrha rama, zahvatne naprave, tereta i sl. Za viljuškar sa slike I-2.23 to je visina h_1. Ova visina odredjuje minimalnu visinu vrata na frontu pretovara, kao i visine objekta iznad saobraćajnica i manipulativnih površina gde se sredstvo kreće, ali bez podizanja tereta. Takodje, ova karakteristika upućuje i na mogućnost korišćenja sredstva za utovar/istovar vozila u tehnologiji kada sredstvo ulazi u vozilo (Za ovu primenu, h_1 treba da je u granicama do 2100-2135 mm.

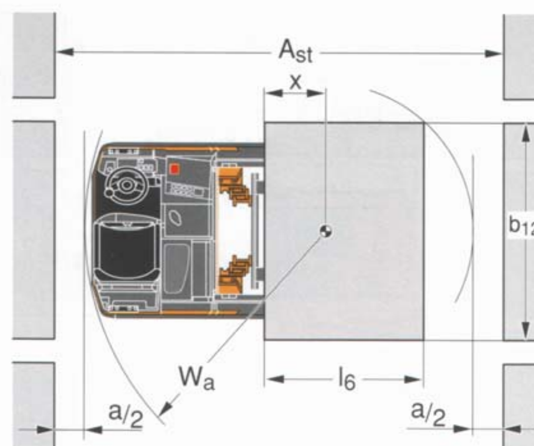
- **Slobodna visina dizanja (h_2)**

Definiše se kao visinu do koje se viljuške mogu podići, a da pri tome ne dođe do izvlačenja rama (Kulweic 1985). Za viljuškar sa slike I-2.23 to je visina h_2, pri kojoj ram zadržava visinu h_1. Terminom "mala slobodna visina dizanja", obično se označavaju sredstva kod kojih je ova visina do 600mm. Ova karakteristika je veoma značajna jer govori o mogućnosti iskorišćenja prostora. Tako će, naprimer, viljuškar sa slike I-2.23, opremljen DUPLEX FFL ramom, visine uvučenog rama h_1=2700 mm, čija je max. visina dizanja 3650 mm, u prostoriji visine 2900 mm, (2700 mm + 200 mm zaštitne zone), moći da odlaže i zahvata palete na visini od 1802 mm, dok će viljuškar opremljen DUPLEX ramom, u istoj prostoriji moći da odlaže i zahvata palete samo do visine od 100 mm!

ŠIRINA SAOBRAĆAJNICE I ŠIRINA RADNOG PROLAZA

- Odredjivanje ovih geometrijskih karakteristika prati svaki pokušaj definisanja prostornog rasporeda elemenata sistema rukovanja materijalom (layouta rešenja) i odnosi se na sve kategorije transportno manipulativnih vozila. Pri tome, od posebnog značaja za analizu jeste odredjivanje širine radog prolaza viljuškara u regalskom skladištu i odredjivanje širine internih saobraćajnica pri ukrštanju.

- Za utvrdjivanje širine radnog prolaza i saobraćajnica, uobičajeno je da se utvrdjuje minimalna širina prolaza pri desnom zaokretu, zbog činjenice da kod zadnjih upravljačkih točkova, pri desnom zaokretu dolazi do blagog bočnog proklizavanja sredstva. Za utvrdjivanje radnih prolaza potrebno je koristiti skup geometrijskih karakteristika sredstva koje proizvodjač navodi u tehničkoj dokumentaciji.
- U zavisnosti od broja upravljačkih točkova i tipa viljuškara, prisutna su dva radijusa okretanja: spoljni W_a, i unutrašnji r_a , kako se to vidi sa slike.


Ast
x
b12
Wa
l6
a/2
a/2

TIP VILJUŠKARA	ŠIRINA RADNOG PROLAZA
Čeoni viljuškar sa tri točka	Pristup 1: $A_{st} = W_a + \sqrt{(l_6 + x)^2 + \left(b_{12}/2\right)^2} + a$ Pristup 2: $A_{st} = W_a + l_6 + x + a$
Čeoni viljuškar sa četiri točka	Pristup 1: za $b_{12}/2 \leq b_{13}$ $A_{st} = W_a + l_6 + x + a$ za $b_{12}/2 > b_{13}$ $A_{st} = W_a + \sqrt{(l_6 + x)^2 + \left(b_{12}/2 - b_{13}\right)^2} + a$ Pristup 2: $A_{st} = W_a + l_6 + x + a$

- Kod čeonih viljuškara sa četiri točka kod kojih su dva upravljačka, centar unutrašnjeg radijusa okretanja nalazi se izvan baze viljuškara (obično oko 100 mm od točka), a kod viljuškara sa tri točka (jedan upravljački), unutrašnji radijus okretanja je jednak nuli. Postupak proračuna širine radnih prolaza, za različite tipove viljuškara, prema VDI Richtlinie 2198, prikazan je u tabeli.
- ***Treba imati u vidu da veće širine radnih prolaza obezbedjuju, generalno, veće radne učinke i umanjuju oštećenje robe, pa je izbor širine radnih prolaza u suštini kompromis izmedju produktivnosti i angažovane površine***.
- Za proračun širine saobraćajnica u raskrsnici, preporučuje se (Kulwiec 1985) da kod čeonih viljuškara ta širina bude nešto veća od one sračunate za minimalnu širinu prolaza pri desnom zaokretu.
- ***Širine pravolinijskih deonica utvrdjuju se na bazi širine opterećenih sredstava, uz definisanje odgovarajućih sigurnosnih zona.***
- Na bazi ovih principa, mogu se utvrditi i širine radnih prolaza za ostale tipove viljuškara i transportno manipulativnih vozila uopšte, pri čemu i sami proizvodjači, daju podatke o potrebnoj širini radnog prolaza, mada po pravilu za palete standardnih dimenzija.

VUČNE KARAKTERISTIKE TRANSPORTNO MANIPULATIVNIH VOZILA

- Vučne karakteristike transportno manipulativnih vozila odnose se na vučnu silu koja obezbedjuje kretanje sredstva, odnosno savladjivanje otpora pokretanja sopstvene i težine prikolica koje se eventualno vuku,
- Nominalna snaga pogonskog motora N_n zavisi od vučne sile (ukupnog otpora kretanja W_k) i maksimalne brzine vozila v_{max}

$$N_n = \frac{P_V \cdot v_{max}}{1000 \cdot \eta_k} \left[kW\right]$$

- Za stepen korisnosti ηk obično se uzima vrednost u opsegu od 0.8 - 0.9. Vučna sila koju sredstvo poseduje P_V, potrebna za savladjivanje svih prisutnih otpora kretanja jeste sila u pravcu kretanja vozila, pa je, za slučaj kada je ruda za vuču prikolice postavljena pod uglom, ovu silu potrebno razložiti.
- Jasno je da kretanje sredstva, ili pak sastava, podrazumeva da je $P_V \geq W_K = \sum_i W_i$.
- Ukupan otpor kretanja vozila sadrži četiri sledeće komponente:
  - W_f Otpor kotrljanja
  - W_u Otpor uspona
  - W_v Otpor vazduha
  - W_b Otpor ubrzanja

$$W_K=W_f+W_u+W_v+W_b \ [N]$$

- ***Otpor kotrljanja*** zavisi od koeficijenta otpora kotrljanja μf i opterećenja, odnosno bruto težine vozila. Vrednosti koeficijenta otpora kotrljanja μf, prema (Pfeifer i dr. 1998), iznose μf = 0.01 – 0.02, a (Sretenović 1996) prezentira podatke o vrednostima ovog koeficijenta za različite podloge, a deo tih podataka za karakteristične vrste podloga prikazan je u tabeli I-2.5. Same vrednosti koeficijenta otpora kotrljanja izražavaju se kao odnosi sile po jedinici težine tereta (N/N)

$$W_f = (G_n + G_s)\cdot\mu_f \, [N]$$

- ***Otpor uspona*** je ekvivalentan po intenzitetu komponenti sile težine vozila koja je paralelna sa putem

$$W_u = (G_n + G_s) \sin \alpha \, [N]$$

- ***Otpor vazduha*** zavisi od čeone površine i aerodinamičnosti vozila i menja se u zavisnosti od relativne brzine vazduha u odnosu na vozilo. Medjutim, pri brzinama ispod 20 [km/h], kojima se najveći broj transportno-manipulativnih vozila i kreće, otpor vazduha se može zanemariti.
- ***Otpor ubrzanja*** može se izraziti kao

$$W_b = b \, (m_n + m_s) \, \beta \, [N]$$

- Preko faktora uvećanja β=1,1 uzuma se u obzir inercioni momenat masa koje rotiraju, a prema (Pfeifer i dr. 1998), ubrzanje transportno manipulativnih vozila kreće se u granicama 0.1 – 0.5 m/s2, pri čemu manje vrednosti odgovaraju elektrobaterijskim vozilima. Otpor ubrzanja pri maksimalnoj brzini obično je jednak nuli. Pri tome, u prethodnim izrazima Gs označava sopstvenu težinu sredstva, a Gn težinu tereta, dok su m_s i m_n masa sredstva, odnosno tereta, respektivno

- Za slučaj da se radi o karetama, odnosno sredstvima koja vuku odredjeni broj prikolica, izrazi se modifikuju na način da obuhvate sopstvenu težinu prikolica i teret koji se na njima transportuje:

$$W_f = [(G_n + G_s) + N_p(G_{np} + G_{sp})] \cdot \mu_f \; [N]$$

$$W_u = [(G_n + G_s) + N_p(G_{np} + G_{sp})] \cdot \sin\alpha \; [N]$$